

3) Evapotranspirasi

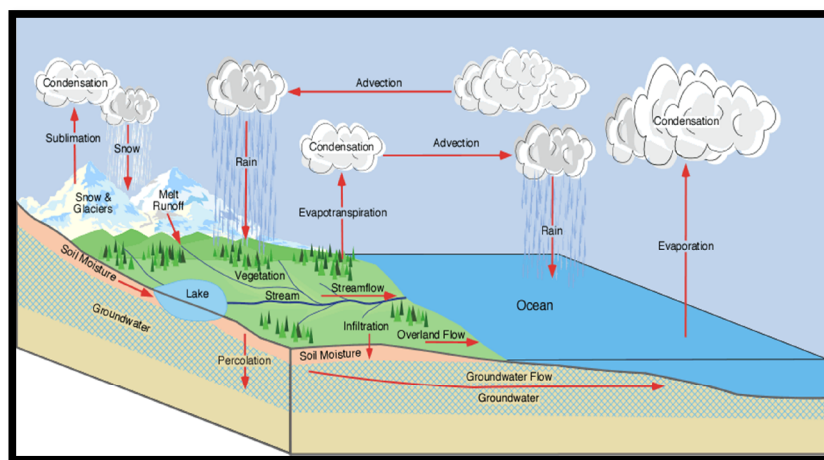
Pada daerah aliran sungai (*catchment area*) dengan tanaman-tanaman yang tumbuh didalamnya, juga akan mengalami penguapan, baik penguapan dari tanaman (transpirasi) ataupun penguapan dari permukaan tanah. Kedua hal diatas dicakup dalam pengertian Evapotranspirasi.

Evapotranspirasi didefinisikan sebagai penguapan dari suatu daerah aliran sungai sebagai akibat pertumbuhan tanaman didalamnya (schulz, 1976).

Data-data iklim yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan :

- a. Temperatur (harian maksimum, minimum dan rata-rata).
- b. Kelembapan relative.
- c. Sinar matahari (lamanya dalam sehari).
- d. Angin (kecepatan dan arah).

Data-data di atas adalah standar bagi stasiun-stasiun argometereologi. Jangka waktu pencatatan untuk keperluan analisis yang cukup tepat dan handal adalah sekitar sepuluh tahun (Ditjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 1986).



Gambar 1. Daur Hidrologi

Tabel 1. Data klimatologi rerata bulanan stasiun plambongan tahun 1994-2003
(Ditjen Pengairan Wilayah Profinsi DIY)

<i>Data iklim</i>	<i>satuan</i>	<i>jan</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>apr</i>	<i>mei</i>	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>agu</i>	<i>sep</i>	<i>okt</i>	<i>nop</i>	<i>des</i>
Temperature	°C	25,95	26,01	26,44	26,74	26,43	25,96	25,06	24,95	25,50	26,10	26,00	26,57
Kelembapan	%	97,82	98,21	98,49	98,35	98,74	99,05	99,17	98,81	97,82	98,77	98,41	98,76
Kec angin	Km/hr	35,48	31,15	26,71	28,16	24,51	24,13	27,32	39,52	43,29	40,42	32,61	35,67
Peny.matahari	%	42,81	39,39	46,89	56,32	67,69	63,85	64,89	71,57	66,41	57,67	47,32	53,40

Besaran evapotranspirasi dapat dihitung dengan menggunakan metode penman.
perhitunganya dirumuskan sebagai berikut :

a. Menghitung E_n

1. Menghitung Radiasi matahari netto yang diserap bumi (S_n)

Radiasi matahari biasanya diukur di stasiun meteorologi dengan menggunakan alat radiometer. Selain menggunakan alat tersebut, radiasi matahari juga dapat diukur dengan alat perekam penyinaran matahari. Untuk wilayah indonesia banyaknya radiasi matahari yang jatuh dapat ditaksir menggunakan persamaan berikut :

$$S_n = S_0 (1 - \alpha) (0,29 + 0,42 \frac{n}{N}) \dots\dots\dots (2.1)$$

K e t e r a n : g a n

S_n = Radiasi matahari netto yang diserap bumi (*c a. / c m²/hari*)

S_0 = radiasi matahari global harian yang jatuh pada permukaan horizontal tiap satuan luas dibagian luar atmosfer (*c a. / c m²/hari*)

α = koefisien refleksi (albedo)

n = durasi penyinaran matahari harian (%)

N = durasi penyinaran matahari maksimum yang mungkin terjadi (%)

Tabel 2. Nilai albedo

Jenis Permukaan	Albedo (α)
Air terbuka	0,05 – 0,15
Batuan	0,12 – 0,15
Pasir	0,10 – 0,20
Tanah kering	0,14
Tanah basah	0,08 – 0,09
Hutan	0,05 – 0,20
Rumput	0,10 – 0,33
Rumput kering	0,15 – 0,25
Salju	0,90
Es	0,40 – 0,50
Tanaman	0,20

Tabel 3. Nilai S_0

Lintang	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Agst.	Sept.	Okt.	Nop.	Des.
90 LU	0	0	40	470	900	1085	1010	670	170	0	0	0
80 LU	0	0	125	480	890	1075	995	660	255	25	0	0
70 LU	0	70	275	565	855	1025	945	685	385	145	15	0
60 LU	90	215	425	670	890	1000	945	770	510	285	120	60
50 LU	225	360	555	750	930	1010	970	830	640	435	265	190
40 LU	380	505	675	845	965	1020	985	895	740	565	415	335
30 LU	520	630	775	895	975	1000	990	925	820	685	560	490
20 LU	660	750	850	920	960	965	960	935	875	785	685	630
10 LU	780	840	900	925	915	900	905	915	905	865	800	760
0	885	915	925	900	850	820	830	870	905	910	890	875
10 LS	965	960	915	840	755	710	730	795	875	935	955	960
20 LS	1020	975	885	765	650	590	615	705	820	930	1000	1025
30 LS	1050	965	830	665	525	460	480	595	750	900	1020	1065
40 LS	1055	925	740	545	390	315	345	465	650	840	995	1080
50 LS	1035	865	640	415	250	180	205	325	525	760	975	1075
60 LS	1000	785	510	280	110	55	75	190	390	660	920	1060
70 LS	1000	695	375	130	10	0	0	55	250	550	885	1090
80 LS	1035	645	225	15	0	0	0	0	100	450	905	1140
90 LS	1055	660	135	0	0	0	0	0	15	440	920	1160

Tabel 4. Nilai N

Garis Lintang (°)	Utara	Jan	Feb.	Mar.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt.	Nop.	Des.
	Selatan	Juli	Agst	Sept	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei	Juni
50°		8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48°		8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46°		9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44°		9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42°		9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,5	11,1	9,8	9,1
40°		9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35°		10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30°		10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25°		10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20°		11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15°		11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10°		11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5°		11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0°		12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

2. Menghitung radiasi matahari netto yang di pancarkan bumi (L_n)

Beberapa ahli telah mengembangkan suatu hubungan antara kehilangan radiasi gelombang panjang netto dan parameter meteorologi didekat permukaan tanah. Persamaanya sebagai berikut :

$$L_n = \sigma T^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N}) \dots \dots \dots (2.2)$$

K e r a n g a n

L_n = radiasi matahari netto yang di pancarkan permukaan bumi

($c a.lc \ m^2/hari$)

σ = konstanta Stevan-Boltzman ($1,17 \times 10^{-7} \ c a.lc \ m^2/^{\circ}K^4/hari$)

T = Temperatur ($^{\circ}K$)

e_d = tekanan uap air diatas permukaan ($mm \ Hg$)

e_d = ($e_s \cdot r$)

e_s = tekanan uap air jenuh ($mm \ Hg$)

r = kelembapan relative (%)

n = durasi penyinaran matahari harian (%)

N = durasi penyinaran matahari maksimum yang mungkin terjadi (%)

Tabel 5. Tekanan uap jenuh air (e_s)

Suhu (°C)	Tekanan Uap Air Jenuh e_s
	mm Hg
10	9,20
11	9,84
12	10,52
13	11,23
14	11,98
15	12,78
16	13,63
17	14,53
18	15,46
19	16,46
20	17,53
21	18,65
22	19,82
23	21,05
24	22,27
25	23,75
26	25,31
27	26,74
28	28,32
29	30,03
30	31,82
31	33,70
32	35,66
33	37,73
34	39,90
35	42,18

3. Menghitung Radiasi Netto (R_n)

Radiasi netto yang diserap permukaan bumi merupakan selisih antara radiasi matahari netto gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dikurangi radiasi matahari netto gelombang panjang yang dipancarkan permukaan bumi. Dihitung dengan rumus berikut :

$$R_n = S_n - L_n \dots\dots\dots (2.3)$$

K e t e r a n : g a n

R_n = Radiasi Netto (*c a. / c m² / hari*)

S_n = radiasi matahari netto yang diserap permukaan bumi
(*c a. / c m² / hari*)

L_n = radiasi matahari netto yang di pancarkan permukaan bumi
(*c a. / c m² / hari*)

4. Menghitung Panas Penguapan Laten (l_v)

Selama terjadi penguapan, air menyerap energi yang disebut dengan panas penguapan laten. Panas penguapan laten tersebut diperlukan untuk penguapan, yang merupakan fungsi dari temperatur. Persamaanya sebagai berikut :

$$l_v = 597,3 - 0,564.T \dots\dots\dots (2.4)$$

K e t e r a n : g a n

l_v = panas penguapan laten (cal./gr)

T = temperature ($^{\circ}C$)

5. Menghitung kedalaman penguapan (E_n)

Radiasi netto yang digunakan untuk evaporasi adalah radiasi matahari netto gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dikurangi radiasi matahari netto gelombang panjang yang dipancarkan permukaan bumi.

Maka radiasi netto dapat dinyatakan dengan kedalaman penguapan air. Kedalaman air yang menguap di hitung dengan persamaan berikut :

$$E_n = \frac{R_n}{\rho_w \cdot l_v} \dots\dots\dots (2.5)$$

K e t e r a n : g a n

E_n = kedalaman penguapan (cm/hari)

R_n = Radiasi Netto (c a. / c m²/hari)

ρ_w = rapat massa air (gr/c m³)

l_v = panas penguapan laten (cal./gr)

Tabel 6. Harga rapat massa air (ρ_w)

Suhu °C	Rapat massa ρ (kg/m ³)	Viskositas Dinamik μ (Nd/m ²)	Viskositas Kinematik ν (m ² /d)	Tegangan Permukaan σ (N/m)	Modulus Elastisitas K (MN/m ²)
0,0	999,9	$1,792 \times 10^{-3}$	$1,792 \times 10^{-6}$	$7,56 \times 10^{-2}$	2040
5,0	1000	1,519	1,519	7,54	2060
10,0	999,7	1,308	1,308	7,48	2110
20,0	998,2	1,005	1,007	7,36	2200
30,0	995,7	0,801	0,804	7,18	2230
40,0	992,2	0,656	0,661	7,01	2270
50,0	988,1	0,549	0,556	6,82	2300
60,0	983,2	0,469	0,477	6,68	2280
70,0	977,8	0,406	0,415	6,50	2250
80,0	971,8	0,357	0,367	6,30	2210
90,0	965,3	0,317	0,328	6,12	2160
100,0	958,4	$0,284 \times 10^{-3}$	$0,296 \times 10^{-6}$	$5,94 \times 10^{-2}$	2070

b. Menghitung evaporasi (E)

John Dalton mengusulkan persamaan difusi untuk evaporasi, yang dikenal dengan hukum Dalton, dimana evaporasi sebanding dengan perbedaan antara tekanan uap jenuh dan tekanan uap karena kelembapan udara. Dengan memasukkan nilai koefisien dan fungsi kecepatan angin didapatkan persamaan berikut :

$$E = 0,35 (0,5 + 0,54 u)(e_s - e_d) \dots\dots\dots (2.6)$$

K e t e r a n : g a n

E = evaporasi (mm/hari)

u = kecepatan angin (m/det)

e_d = tekanan uap air diatas permukaan (mm Hg)

e_s = tekanan uap air jenuh (mm Hg)

c. Mencari β

$\beta = \Delta/\gamma$ yang merupakan fungsi temperatur, sehingga nilai β akan ditemukan bila temperatur diketahui. Nilai β dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Nilai β

Temperatur T (°C)	$\beta = \Delta/\gamma$
0	0,68
5	0,93
10	1,25
15	1,66
20	2,19
25	2,86
30	3,69
35	4,73

d. Mencari Evapotranspirasi (E_t)

Penman menggabungkan metode transfer massa dan metode neraca energy untuk menghitung evaporasi. Selanjutnya evapotranspirasi diperoleh dengan mengalikan nilai evaporasi dengan suatu konstanta empiris.

Hasil penggabungan kedua metode menghasilkan persamaan berikut :

$$E_t = \frac{\beta E_n + E}{\beta + 1} \dots\dots\dots (2.7)$$

K e t e r a n : g a n

E_t = Evapotranspirasi (mm/hari)

E_n = kedalaman penguapan (mm/hari)

E = evaporasi (mm/hari)

β = fungsi temperatur

4) Pola Tanam dan Intensitas Tanam

Pola tanam ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menambah luasan atau intensitas tanam. Pola tanam yang sekarang berjalan yaitu pola tanam yang telah disahkan dengan keputusan bupati Kepala Daerah Tingkat II Kabupaten Sleman, yaitu Padi-Padi-Palawija. Musim tanam 1 dimulai pada bulan desember-februari, musim tanam 2 dimulai pada bulan april-juni, musim tanam 3 dimulai

pada bulan agustus-oktober. (Dirjen Pengairan Direktorat Irigasi Proyek Andalan Daerah Istimewa Yogyakarta, 2006)

5) Perkolasi

Laju perkolasi sangat bergantung pada sifat-sifat tanah. Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan.

6) Penggantian lapisan air (WLR)

Setelah pemupukan dilakukan penjadwalan dan penggantian lapisan air menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

7) Curah hujan efektif (R_e)

Untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70 persen dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun.

$$R_e = 0.7 \times \frac{1}{15} R (\text{setengah bulanan})_5 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

R_e = curah hujan efektif (mm/hari)

$R(\text{setengah bulanan})_5$ = curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun (mm)

8) Kebutuhan air di sawah untuk padi

Kebutuhan total air di sawah (GFR) mencakup penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air. Kebutuhan bersih air di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan

efektif. Efisiensi juga dicakup dalam memperhitungkan kebutuhan pengambilan irigasi.

a. Kebutuhan air total selama Penyiapan lahan.

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan digunakan metode yang didasarkan pada laju air konstan dalam Liter/detik selama periode penyiapan lahan. (Ditjen Pengairan Departement Pekerjaan Umum, 1986)

1. air untuk mengganti/mengkompensasi kehilangan air

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$M = E_o + P \quad (m \text{ m/ha r})i \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

M = kebutuhan air untuk mengganti/mengkompensasi kehilangan air
 E_o = evaporasi air terbuka yang diambil ($1,1 \cdot E \cdot T$) selama penyiapan lahan (mm/hari)
P = Perkolasi

2. konstanta

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$k = \frac{M \cdot T}{S} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

k = konstanta
T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)
S = kebutuhan air, untuk penjumlahan ditambah dengan lapisan air 50mm, yakni $200 + 50 = 250 \text{ mm}$
M = kebutuhan air untuk mengganti/mengkompensasi kehilangan air

3. Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan
(mm/hari)

e = efisiensi irigasi

M = kebutuhan air untuk mengganti/mengkompensasi
kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di
sawah yang sudah dijenuhkan

k = konstanta

Kebutuhan ini sudah termasuk banyaknya air untuk
penggenangan setelah transplantasi yaitu sebesar 50 mm serta
kebutuhan untuk persemaian. Berdasarkan sumber (Ditjen
Pengairan Departement Pekerjaan Umum, 1986) hasil perhitungan
dapat dilihat dalam tabel 8.

Tabel 8. Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan
(Ditjen Pengairan Departement Pekerjaan Umum, 1986)

E _o + P mm/hari	T = 30 hari		T = 45 hari	
	S = 250 mm	S = 300 mm	S = 250 mm	S = 300 mm
5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8,0	13,0	14,5	10,5	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0	15,5	11,6	12,5
10,0	14,3	15,8	12,0	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11,0	15,0	16,5	12,8	13,6

4. Kebutuhan air netto selama Penyiapan lahan.

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$NFR = IR - R_e \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

NFR = Kebutuhan air netto selama Penyiapan lahan
 IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan
 R_e = curah hujan efektif (mm/hari)

5. Penggunaan konsumtif

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$E T_c = K_c \times E T_0 \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

$E T_c$ = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
 $E T_0$ = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)
 K_c = koefisien tanaman

6. Kebutuhan air netto setelah penyiapan lahan.

dihitung dengan menggunakan rumus :

$$NFR = (E T_c + P) - (R_e + WLR) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

NFR = Kebutuhan air netto
 $E T_c$ = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
 P = Perkolasi (mm)
 R_e = curah hujan efektif (mm/hari)
 WLR = Penggantian lapisan air (mm)

Tabel 9. Harga-harga koefisien Tanaman padi

(Ditjen Pengairan Departement Pekerjaan Umum, 1986)

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas ¹⁾ biasa	Varietas ³⁾ unggul	Varietas biasa	Varietas unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4	0 ⁴⁾		0	

Tabel 10. Harga-harga koefisien Tanaman palawija

(Ditjen Pengairan Departement Pekerjaan Umum, 1986)

Tanaman	Jangka tumbuh/ hari	1/2 bulan No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85		0,5	0,75	1,0	1,0	0,82	0,45*							
Jagung	80		0,5	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95*							
Kacang tanah	130		0,5	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,95	0,55*				
Bawang	70		0,5	0,51	0,69	0,90	0,95*								
Buncis	75		0,5	0,64	0,89	0,95	0,88								
Kapas	195		0,5	0,5	0,58	0,75	0,91	1,04	1,05	1,05	1,05	0,78	0,65	0,65	0,65

b. Kebutuhan air pengambilan

1. Rotasi teknis

Untuk membentuk sistem rotasi teknis, petak tersier dibagi-bagi menjadi sejumlah golongan, sehingga tiap golongan terdiri dari petak-petak tersier yang tersebar di seluruh daerah irigasi. Petak-petak yang termasuk dalam golongan yang sama akan mengikuti pola penggarapan tanah yang sama (penyiapan lahan dan tanam akan dimulai pada waktu yang sama).

Kebutuhan air total pada waktu tertentu ditentukan dengan menambahkan besarnya kebutuhan air di berbagai golongan pada waktu itu. Agar kebutuhan puncak dapat dikurangi, maka areal irigasi harus dibagi-bagi menjadi sekurang-kurangnya tiga atau empat golongan.

2. Kebutuhan pengambilan dengan rotasi teknis

Kebutuhan pengambilan pada waktu tertentu dihitung dengan menjumlah besarnya kebutuhan air semua golongan.

$$DR = NFR / (e \cdot 8,64) \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

DR = kebutuhan pengambilan

NFR = kebutuhan bersih netto di sawah

e = efisiensi irigasi

Tabel 11. Harga-harga efisiensi irigasi

(Ditjen Pengairan Departement Pekerjaan Umum, 1986)

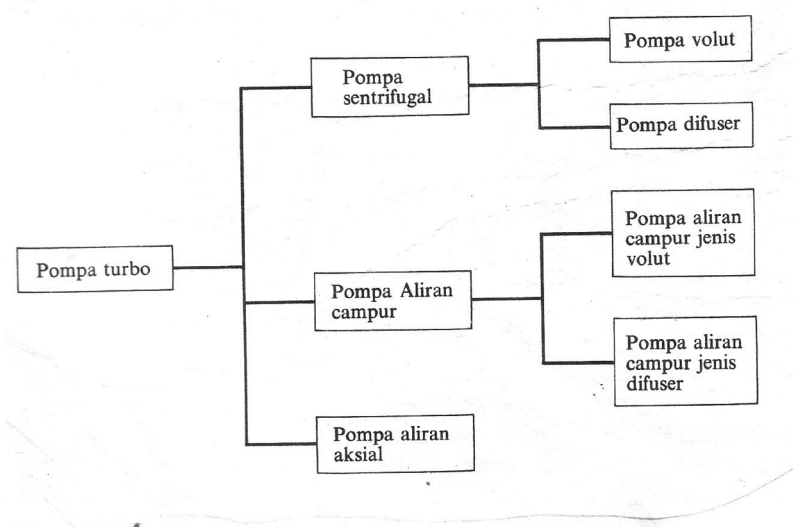
Area	Awal	Peningkatan yang dapat dicapai
Jaringan irigasi utama	0,75	0,80
petak tersier	0,65	0,75
keseluruhan	0,50	0,60

B. Pompa

1) Jenis Pompa

Banyak jenis pompa yang berbeda, ada dua jenis yang akan paling sering dijumpai oleh insinyur hidrolis, yaitu pompa sentrifugal dan pompa pindah (*displacement pump*). Suatu pompa sentrifugal mempunyai unsur yang berputar yang memberikan energi kepada air dengan gerak yang berlawanan dengan gerak sebuah turbin reaksi. (Ray k linsley dan Joseph b Franzini, 1996).

Pompa pindah mencakup jenis bolak-balik (*reciprocating*), dimana sebuah torak menyedot air ke dalam suatu silinder pada satu langkah dapat mendorongnya keluar pada langkah berikutnya, serta jenis putaran (*rotary*), dimana pada dua buah kam (roda gigi) saling bersentuhan dan berputar pada arah yang berlawanan untuk memaksa air agar melaluinya secara terus-menerus. Selain itu masih ada pompa pancaran (*jet pump*), pompa hisap udara (*air-lift pumps*), dan pompa hidro otomatis (*hydraulic ram*), yang dapat bermanfaat pada keadaan-keadaan khusus. Secara skematis Klasifikasi pompa diperlihatkan dalam tabel (Sularso, 1983)



Gambar 2. Klasifikasi Pompa

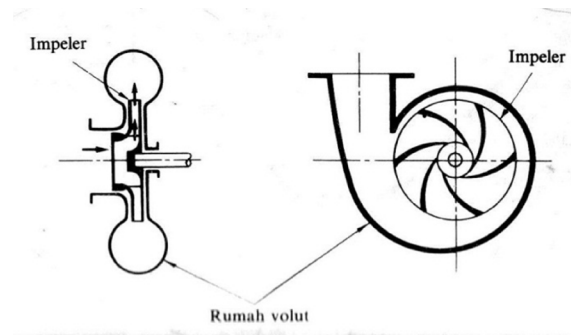
2) Klasifikasi pompa

a. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal dapat digolongkan lebih lanjut atas pompa *volute* dan *diffuser*.

- Pompa volute

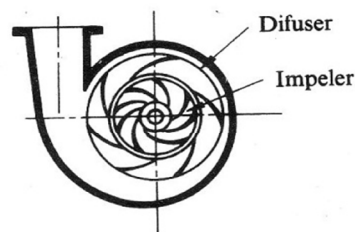
Aliran yang keluar dari *impeller* (baling-baling) pompa *volute* ditampung di dalam *flout* (rumah spiral) yang selanjutnya akan menyalurkan ke *nosel* keluar.



Gambar 3. Pompa *Volute*

- Pompa *diffuser*

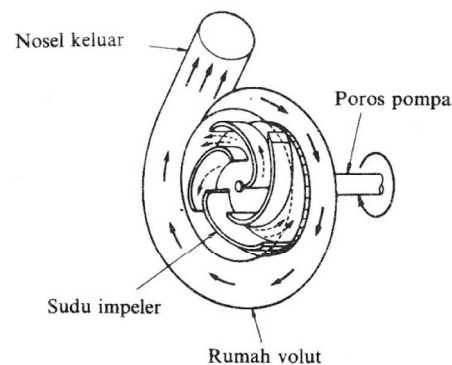
Pompa *diffuser* mempunyai *diffuser* yang dipasang mengelilingi *impeller* yang berguna untuk menurunkan kecepatan aliran yang keluar dari *impeller*. Pompa *diffuser* dipakai untuk memperoleh *head* total yang tinggi.



Gambar 4. Pompa *Diffuser*

Pompa sentrifugal juga dapat menggunakan dua macam *impeller*, yaitu jenis isap tunggal dan isap ganda. Selain itu pompa sentrifugal juga dapat disusun dengan satu tingkat atau bertingkat-tingkat. Susunan bertingkat banyak dipakai apabila diinginkan *head* total pompa yang tinggi.

Pompa sentrifugal mempunyai sebuah *impeller* untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. (Sularso, 1983).



Gambar 5. Bagian Pompa Sentrifugal

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah *impeller* ke luar melalui saluran diantara sudu-sudu.

Di sini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari *impeller* ditampung oleh saluran berbentuk *volute* (spiral) di sekeliling *impeller* dan disalurkan keluar pompa melalui *nosel*. Di dalam *nosel* ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan.

Jadi *impeller* pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih

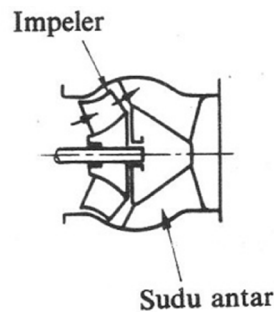
energi per satuan berat atau *head* total zat cair antara *flens* isap dan *flens* keluar pompa disebut *head* total pompa.

b. Pompa aliran campuran.

Untuk head yang sedikit lebih rendah, dapat dipilih pompa aliran campur. Dibagi menjadi dua yaitu :

- Pompa aliran campuran jenis *diffuser*.

Pompa ini umumnya menggunakan rumah *diffuser* dengan *sudu* antar seperti terdapat dalam gambar.



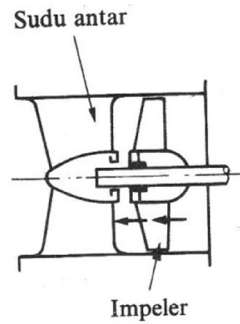
Gambar 6. Pompa *Difuser* Aliran Campuran

- Pompa aliran campuran jenis *volute*.

Jika pompa menggunakan rumah *volute* untuk menampung langsung aliran yang keluar dari *impeller*.

c. Pompa aliran aksial

Pompa jenis aksial dipakai untuk head yang lebih rendah lagi. Aliran dalam pompa ini mempunyai arah aksial (sejajar poros), untuk mengubah *head* kecepatan menjadi *head* tekanan dipakai *sudu* antar yang berfungsi sebagai *diffuser*.



Gambar 7. Pompa Aliran Aksial

3) Kecepatan spesifik (n_s)

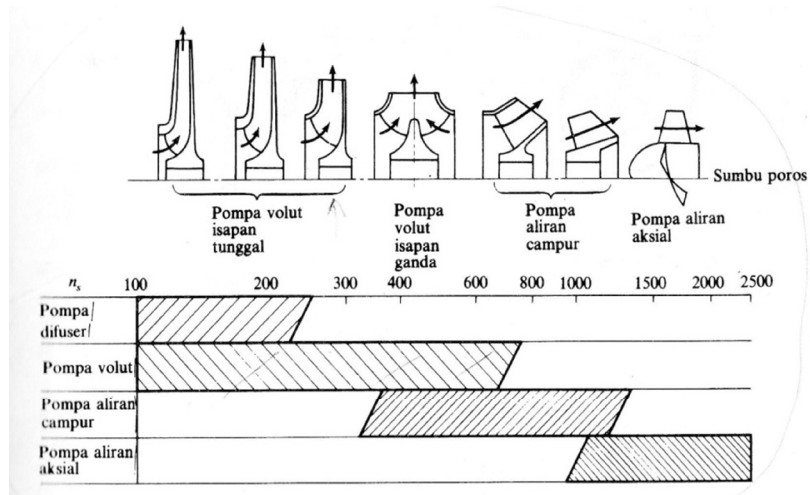
Harga n_s dapat dipakai sebagai parameter untuk menyatakan jenis pompa. Jadi jika n_s suatu pompa sudah ditentukan maka bentuk *impeller* pompa tersebut sudah tertentu pula.

Pada dasarnya bentuk impeller di tentukan oleh harga n_s nya. Namun perlu diperhatikan tidak semua faktor tergantung pada n_s saja. Berikut ini adalah tabel konversi untuk n_s

Tabel 12. Tabel Konversi Untuk n_s

Satuan yang dipakai				k
n'_s	m^3/s ,	m,	rpm	0,129
	l/s ,	m,	rpm	4,08
	ft^3/min ,	ft,	rpm	2,44
	ft^3/s ,	ft,	rpm	0,314
	U.S.gpm,	ft,	rpm	6,67
	imp.gpm,	ft,	rpm	6,09
K	m^3/s ,	J/kg,	rad/s, (K)	1/410

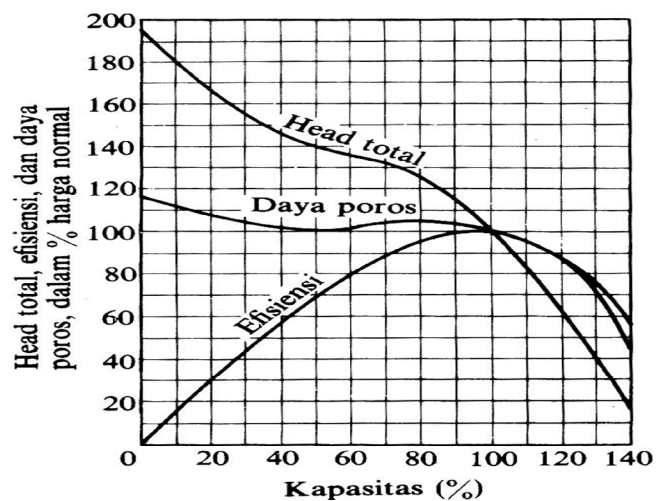
$$n'_s \text{ atau } K = kn_s \text{ (m}^3/\text{min, n, rpm)}$$



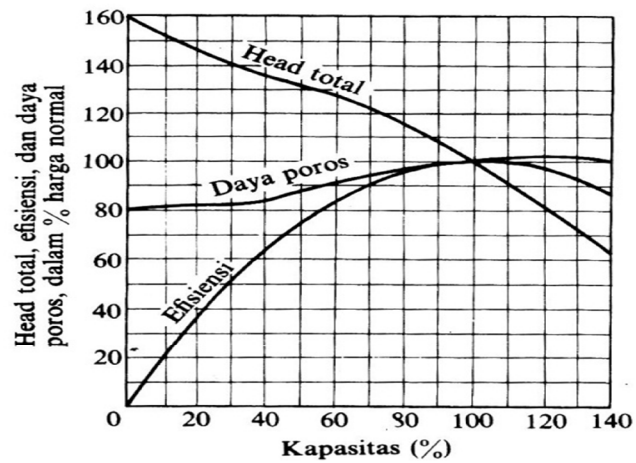
Gambar 8. Macam Bentuk Impeller dan Harga n_s

4) Performasi

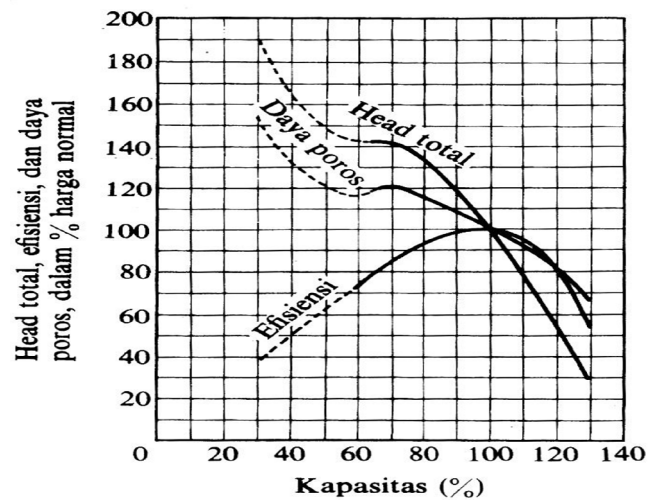
Karakteristik sebuah pompa dapat digambarkan dalam kurva-kurva karakteristik, yang menyatakan besarnya *head* total pompa, daya poros dan *efisiensi* pompa terhadap kapasitas. Kurva *performasi* tersebut pada umumnya digambarkan pada putaran yang tetap.



Gambar 9. Kurva Karakteristik Pompa *Volut*



Gambar 10. Kurva Karakteristik Aliran Campuran



Gambar 11. Kurva Karakteristik Aliran Aksial

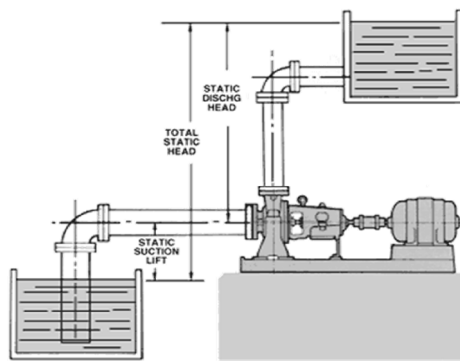
5) Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir, karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air pada tekanan 1 atmosfer akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur 100 C. tetapi jika tekanan

direndahkan maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah.

6) Head statik

Head statik merupakan perbedaan tinggi antara sumber dan tujuan dari cairan yang dipompakan. *Head* statik merupakan aliran yang independen.



Gambar 12. *Head Statik*

- *Head* hisapan statis : dihasilkan dari pengangkatan cairan relatif terhadap garis pusat pompa. *Head* hisapan statis nilainya positif jika ketinggian cairan diatas garis pusat pompa, dan negative jika ketinggian cairan berada dibawah garis pusat pompa (juga disebut “pengangkat hisapan”)
- *Head* pembuangan statis : jarak vertikal antara garis pusat pompa dan permukaan cairan dalam tangki tujuan.

C. Menentukan Kapasitas Pompa

Jumlah air yang diperlukan untuk pengairan sawah adalah untuk mengganti penyusutan air rata-rata. Jumlah ini akan bertambah sampai mencapai maksimum pada permulaan musim tanam yaitu pada saat persiapan, penanaman dan pembungaan (kurang lebih 30 sampai 40 hari).

Jadi kapasitas pompa yang direncanakan harus ditentukan atas dasar kebutuhan maksimum, namun untuk mengganti penyusutan air yang biasa harus di jalankan sedemikian hingga waktu kerja hariannya dapat dipersingkat (Sularso, 1983). Kapasitas pompa berdasarkan kebutuhan puncak dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_p = \frac{Q \cdot k}{T} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dalam hal ini :

Q_p = kapasitas pompa yang direncanakan (m^3/jam)

Q = jumlah air irigasi keseluruhan ($m^3/hari$)

K = koefisien kehilangan air disaluran ($=1,1$)

T = jumlah kerja aliran dalam kondisi kebutuhan puncak
(18 sampai 21 jam)

Berikut ini beberapa penjelasan yang berhubungan dengan kapasitas pompa terutama untuk pengairan sawah :

1) Kebutuhan air sawah.

Sawah untuk tanaman padi harus digenangi air dengan kedalaman tertentu. Untuk memelihara kedalaman tersebut diperlukan tambahan air terus menerus guna mengganti penyusutan karena transpirasi tanaman, penguapan sawah dan perkolasi. Jadi penyusutan kedalaman air per hari dirumuskan :

$$h = \text{transpirasi} + \text{penguapan} + \text{peresapan} - \text{curah hujan berguna} \dots\dots\dots(2.16)$$

Curah hujan berguna dan penguapan selama jangka waktu pengairan tergantung pada musim, tempat dan cuaca. Pengaruh cuaca harus ditentukan atas dasar kondisi musim terburuk dalam 10 sampai 20 tahun. Kehilangan air karena perkolasi tergantung pada keadaan geologi tanah dari sawah yang bersangkutan dan dapat ditentukan dengan pengukuran di tempat (Sularso, 1983).

Komponen-komponen penyusutan air seperti tersebut di atas dapat ditaksirkan secara kasar sebagai berikut :

Transpirasi tanaman	: 6-7 mm/hari
Penguapan	: 4-5 mm/hari
Perkolasi	: 10-20 mm/hari (sawah lama) 30-45 mm/hari (sawah baru)

2) Jumlah air irigasi total

Adapun jumlah air yang diperlukan seluruhnya dapat dihitung dari rumus :

$$Q = 10.h.A \dots\dots\dots (2.17)$$

Dalam hal ini :

Q	= jumlah air irigasi total (m ³ /hari)
h	= laju penyusutan (mm/hari)
A	= Luas sawah (ha)